

# 객체기반 디지털 워터마킹

김유신, 박한진, 원치선, 이재진  
동국대학교 전자공학과

## Object-based Digital Watermarking

Yushin Kim, Han Jin Park, Chee Sun Won, Jaejin. Lee  
Dept. of Electronic Engineering, Dongguk University.  
yushin@dgu.edu

### 요약

현재까지 제안된 대부분의 워터마킹 방법들은 전체 프레임 기반이기 때문에 전체영상은 보호할 수 있지만, 공격자가 영상을 구성하는 특정한 객체만을 잘라내어 사용할 경우 객체 그 자체는 보호하기가 어려워 멀티미디어 데이터를 보호하는데 있어서 그 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 영상을 구성하는 특정한 임의의 객체를 추출한 후, 영상의 왜곡을 최소화하기 위해 객체보다 큰 배경영상을 사용, 인간시각 특성을 이용한 웨이브릿 영역에서의 객체기반 워터마킹 방법을 제안한다. 제안한 방법은 영상을 구성하는 각각의 객체를 선별하여 워터마크를 삽입함으로써 전체 영상뿐 아니라 각각의 객체를 보호할 수 있어 기존의 방법이 객체공격에 취약한 단점을 보완하였다.

### 1. 서론

컴퓨터가 네트워크를 통하여 더욱더 집적화 되어짐에 따라, 디지털 매체에 대한 확산은 이전보다 빠르고 쉬워졌으며 누구나 원하는 멀티미디어 데이터를 쉽게 구할 수 있게 되었다. 이로 인해 불법복제가 증가하고 동시에 멀티미디어 데이터의 저작권보호를 위한 방법의 필요성 역시 증가하고 있다. 현재까지 제안된 저작권보호 방법으로 가장 주목받고 있는 것은 디지털 워터마킹 방법이다. Cox [1]가 대역확산 워터마킹 방법을 제안한 이후에 많은 워터마킹 방법들이 제시되어져 왔으며, 대부분의 제안된 방법은 워터마크의 강인성과 비가시성 [2][3] 또는 워터마크를 검출하는 과정에서 원 영상을 필요로 하지 않는 방법 [4]에 관한 것으로 영상 내에서 각각의 특징을 가지고 있는 객체는 고려하지 않았다. 따라서 얼굴, 모자 또는 집과 같이 영상을 구성하는 특징을 가진 객체들이 워터마크가 들어간 영상에서 잘려져 그 객체부분만이 사용되어졌을 경우 객체 그 자체에서 워터마크를 검출하기란 매우 어려울 뿐 아니라 일반적인 신호처리, 즉 공격에 매우 약하다. 따라서 기존의 방법들은 영상의 객체를 고려할 경우 디지털 영상 보호에 실질적으로 적합하지 않다. 본 논문에서는 영상을 구성하는 특징이 있는 몇 개의 객체를 잘라내어 그 각

각에 워터마크를 삽입함으로써 전체 영상 단위로 워터마크를 삽입하는 기존의 방법보다 더욱 효과적으로 영상을 보호할 수 있는 방법을 제안하고자 하였으며 비교 대상으로는 SA-DCT(Shape Adaptive Discrete Cosine Transform)를 이용한 객체기반 비디오 워터마킹을 사용하였다[6].

### 2. 제안한 방법

#### 2.1 워터마크 개수

워터마크의 개수는 워터마크의 강인성과 영상의 질을 고려하여 적절하게 선택되어야 하며, 선택시 에너지, 프레임 크기, 발광도와 같은 영상의 성질과 함께 워터마크 삽입 방법이 중요하게 고려되어야 한다. 워터마크의 개수를 증가시킬 경우 워터마크는 일반적인 신호처리에는 강하지만 삽입된 후 영상의 질을 저하시키는 단점이 있고, 반대로 감소하면 영상의 질의 보장되지만 각종 신호처리에 약한 단점을 보인다. 또한 워터마크의 개수를 계속적으로 증가시킬 경우 어느 정도까지는 유사도가 증가하지만 그 이후로는 오히려 유사도가 감소하는 결과를 보인다. 본 논문의 실험에서는 반복적인 실험의 결과 객체영상 크기의 1.5%~3.5%에 해당하는 개수를 삽입하였을 경우 강인성과 비가시성에 있어서 만족할만한 결과를 보였으며, 객체영상의 크기, 강인성 그리고 워터마크를 삽입 후 영상의 왜곡정도를 고려하여 객체크기에 대한 워터마크의 비율을 그림 1에 도시하였다.

#### 2.2 배경영상의 크기 설정

객체를 잘라내어 "0"값으로 채워진 배경영상으로 옮길 때 고려해야 할 것이 배경영상의 크기이다. 웨이브릿 변환시 원 신호의 웨이브릿 계수는 웨이브릿 변환 시 레벨을 많이 나눌수록 에너지를 저주파 영역으로 집중시킬 수 있다. 또한 신호의 길이가 길수록 레벨을 나눈 후 얻을 수 있는 웨이브릿 계수의 개수가 많고, 상대적으로 신호의 길이가 작은 경우보다 레벨을 많이 나눌 수 있어 워터마크를 삽입할 수 있는 보다 큰 주파수 계수를 얻을 수 있다(그림 2). 결과적으로 추출한 객체영상의 크기가 200×200 픽셀 이상의 크기에 해당할 만큼

충분히 많은 픽셀 개수를 갖는다면 객체의 배경영상은 그 객체의 크기에 맞게 선택하여도 무리가 없지만, 객체의 크기가 84×84 픽셀 크기에 해당하는 개수만큼 작을 경우 배경화면이 충분히 커야 웨이브릿 영역에서 큰 주파수 계수를 얻어 강인한 워터마크를 삽입할 수 있다. 그러나 상대적으로 큰 주파수 계수를 얻기 위하여 배경영상 선택 시 무리하게 큰 배경영상을 사용하거나, 웨이브릿 영역으로 변환 시 레벨을 너무 많이 나누면 객체영상에 워터마크를 삽입 후 영상의 화질저하를 초래할 수 있다. 또한 객체 영상의 크기가 작을 경우 영상에 비해 삽입되는 워터마크 개수의 비율이 커져서 워터마크 삽입 후 화질 저하를 초래할 수 있기 때문에 객체 영상보다 최소 20%이상의 크기를 갖는 배경영상을 사용하여 워터마크 삽입 후 발생할 수 있는 화질 저하를 방지하여야 한다. 그림 2는 130×130 픽셀의 개수를 갖는 객체영상을 n×n 크기의 배경영상으로 옮긴 뒤 배경영상의 크기를 증가시키면서 절대치가 가장 큰 주파수 계수 1,000개의 합을 나타내며, 배경영상이 커짐에 따라 절대치를 위한 주파수 계수의 합이 커지다 대체로 객체 영상의 10-15배의 크기를 갖는 배경영상을 사용하였을 경우에는 다시 계수의 합이 작아지는 경향을 보인다.

### 2.3 배경영상의 값 설정

원 영상에서(그림 3) 객체를(그림 4) 추출하여 배경영상으로 옮긴 후(그림 5) 워터마크를 삽입하여 공간영역으로 변환 시 배경영상에 채워진 값과 어떠한 변환을 사용했는지에 따라 객체 주변으로 워터마크가 확산되기도 하고 그렇지 않은 결과를 보이기도 한다. 배경영상에 채워지는 값을 선택 시, 배경영상의 값이 '0'이고 크기가 '1'인 웨이브릿 함수를 사용하였을 경우, 워터마크를 삽입 후 공간영역으로 변환하였을 때에 그림 6 처럼 워터마크가 거의 객체 안으로 들어갔으며 또한 SA-DCT의 경우 역시 워터마크가 모두 객체 안으로 들어가나, N×N DCT의 경우 주파수 영역에서 공간영역으로 변환 시 하나의 픽셀 값을 표현하기 위해 N×N개의 주파수 계수를 사용하기 때문에 워터마크 삽입 후 그림 7 과 비슷하게 객체이외에 다른 영역으로 워터마크가 확산되는 결과를 보이며, 웨이브릿의 경우도 공간영역으로 변환 시 하나의 픽셀을 표현하기 위해 k2<sup>j</sup> 개(k:웨이브릿 함수 크기, j:레벨 수)의 주파수 계수를 사용하기 때문에 배경영상이 '0'값을 가지지 않으며 동시에 크기가 '2' 이상인 웨이브릿 함수를 사용하면, 그림 7 처럼 객체 주변에도 워터마크가 삽입되는 결과를 보인다. 따라서 워터마크 손실을 방지하기 위해서는 크기가 '1'인 웨이브릿 함수를 사용하거나, 웨이브릿 함수의 크기가 '2'이상일 경우 배경영상의 값들을 '0'으로 채워야 한다.

### 2.4 유사도 계산

본 논문에서 사용한 유사도 계산방법은 [1]에서 사용

한 방법을 일반화하였다. [1]에서 사용한 방법은 원래의 워터마크와 추출한 워터마크의 상호상관계수를 구하여 평균을 취하지 않은 방식으로 수식 (1)과 같다.

$$Sim_b(W, W') = \frac{(W - E(W)) \times (W' - E(W'))}{\sqrt{(W - E(W))^2} \times \sqrt{(W' - E(W'))^2}} \quad (1)$$

( $W = \sum_{all i} w_i$ : 원 워터마크,  $W' = \sum_{all i} w'_i$ : 추출한 워터마크,  $E(W)$ 와  $E(W')$ 는  $W$ 와  $W'$ 의 평균) [1]은 수식 (1)에서 원래의 워터마크가  $N(0, 1)$ 분포를 따르기 때문에  $E(W) = 0$ ,  $\sqrt{(W - E(W))^2} = 1$  그리고  $(W' - E(W')) = W'$ 으로 취환하여 수식 (2)를 유도하여 추출한 워터마크의 유효성을 검증하는데 사용하였다.

$$Sim_b(W, W') = \frac{W \times W'}{\sqrt{W' \times W'}} \quad (2)$$

그러나 [1]에서 사용한 워터마크 시퀀스는 정확하게  $N(0, 1)$  분포를 가지지 않으며, 또한 워터마크 시퀀스의 개수가 증가할수록 유사도 또한 같이 증가하여 그때마다 임계치를 변경해야하는 단점을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 [1]의 방법을 일반화한 수식 (3)을 사용하여 워터마크 개수가 계속 바뀌어도 그 임계치를 고정할 수 있도록 하였다.

$$Sim_b(W, W') = \frac{E((W - E(W)) \times (W' - E(W')))}{\sqrt{(W - E(W))^2} \times \sqrt{(W' - E(W'))^2}} \quad (3)$$

여기서  $-1 \leq Sim_b(W, W') \leq 1$  사이의 값을 가지며, 만약 유사도,  $Sim_b$ ,가 임계치보다 크다면 두 워터마크는 서로 같은 것으로 간주하여 저작권의 소유가 인정이 되며, 임계치가 그 이하일 경우 인정이 유효하지 않음을 나타낸다. 임계치는 0.19로 설정하였으며, 이때의 유사도 오차율은  $P_{error} = 9.82 \times 10^{-10}$ 이다.

### 2.5 워터마크 삽입 및 추출방법

제안한 워터마크 삽입방법은 다음의 순서와 같다.

- ① 원 영상(그림 3)에서 특징을 가진 객체(그림 4)를 잘라낸다. ② 그림 2를 이용 잘라낸 객체의 크기에 따른 배경영상의 크기를 선택하여 잘라낸 객체를 '0'값으로 채워진 배경영상에 옮겨 놓는다(그림 5). ③ 옮겨진 객체영상을 크기가 '1'인 Haar 웨이브릿 함수를 사용하여 4-단계 웨이브릿 변환을 한다. ④ 그림 1을 이용 객체영상의 크기에 해당하는 워터마크 시퀀스의 개수를 선택한 후, LH4, HL4, HH4, LH3, 그리고 HL3 부 밴드 중의 주파수 계수중 절대치가 가장 큰 계수를 워터마크 시퀀스의 개수만큼 선택한다. ⑤ 아래의 수식 (4)를 이용하여 워터마크를 삽입한다.

$$V_i' = V_i(1 + a W_i) \quad (4)$$

- ( $V_i'$  - 워터마크가 삽입된 주파수 계수,  $V_i$  주파수 계수,  $a$  - 스케일 변수:0.1,  $W_i$  워터마크 시퀀스).
- ⑥ 마지막 단계는 워터마크가 들어간 영상을 얻기 위하여 역 웨이브릿 변환을 수행한다.

워터마크 검증 과정은 다음 순서와 같다.

- ① 공격당한 영상으로부터 객체부분만을 잘라낸다. ②

추출한 객체를 워터마크 삽입 시 사용한 크기의 '0'값으로 채워진 배경영상으로 옮겨 놓는다. ③ 배경영상으로 옮겨진 공격당한 영상과 원 영상을 4단계 웨이브릿 변환을 수행한다. ④ 수식 (4)를 사용하여 워터마크를 검출한다. ⑤ 마지막은 수식 (3)을 이용하여 유사도 즉 상호상관계수를 구하여 워터마크의 유효성을 결정하는 것이다.

본 논문은 첫째, 인간 시각 구조를 이용한 웨이브릿 영역에서 워터마크를 삽입하였고[2], 둘째, '0'으로 채운 512× 512영상에 추출한 객체를 삽입하여 웨이브릿 영역으로 변환 후, 상위 부밴드로 에너지를 집중시켜 큰 주파수 계수를 얻고자 하였으며, 동시에 객체의 크기가 작은 경우(110×110 픽셀 크기) 객체의 크기에 비해 삽입되는 워터마크의 비율이 커져 워터마크 삽입 후 발생하는 영상의 화질저하를 방지하고자 하였다. 셋째는 객체단위로 워터마크를 삽입함으로써 영상 전체뿐 아니라 그 영상을 구성하는 각각의 객체를 보호할 수 있어 기존의 워터마킹 방법이 객체공격에 취약한 점을 보완하였고, 넷째, 워터마크 시퀀스로 가우시안 시퀀스 대신 카오스 시퀀스를 사용하여 유사도의 변화 오차를 줄였다[7]. 그리고, 다섯째, 유사도를 계산하기 위하여 원 워터마크와 추출한 워터마크의 분산을 사용([1]에서 사용한 방법을 일반화한 것임)하여, 객체마다 변화하는 워터마크 시퀀스의 개수와 상관없이 임계치 레벨을 고정시켰다.

### 3. 실험 및 실험결과

#### 3.1 실험

본 논문에서는 워터마크가 들어갈 객체영상으로서 Lenna 영상(512× 512 크기)에서 잘라낸 Lenna 얼굴을 사용하여, 총 17527픽셀로 구성된 객체 영상(Lenna 얼굴)의 3%에 해당하는 픽셀 개수인 526개의 카오스 시퀀스를[8] 워터마크로 삽입하였다. 실험은 공격자가 Lenna의 얼굴을 잘라내어(그림 4) 워터마크를 제거하기 위해 각종 공격을 가한 후 자신의 광고 포스터에 있는 여배우의 얼굴을 Lenna의 얼굴로 대체(그림 8)하였다는 가정 하에 실험을 하였으며, 적용 가능한 객체 크기는 84× 84(대략 7000개)크기의 픽셀개수 이상을 가져야한다. 공격 방법으로는 노이즈, 확대 및 축소, 클리핑, 컬루전, 손실압축(JPEG:Quality 5, Wavelet 압축:Zero mask 90%)등을 수행한 후 유사도를 측정하여 결과를 분석한 후 Kim[6]의 "Object-based Video Watermarking"과 비교를 하였다.

#### 3.2 실험결과

그림 7은 추출한 객체를 DWT 영역에서 크기가 '1'인 웨이브릿 함수를 이용 워터마크를 삽입한 결과로서, 웨이브릿 함수 크기가 '1'이기 때문에 거의 모든 워터마크가 객체로 들어갔다. 그러나 그림 7은 배경영상을 0,

255값으로 채우고, 크기가 '8'인 웨이브릿 함수를 사용하여 워터마크를 삽입 후 복원한 영상으로 워터마크가 객체 주변으로 많이 흩어져 들어가 워터마크의 손실이 발생함을 보이며, 이는 N× N DCT의 경우에도 같은 결과를 보였다. SA-DCT[6]를 사용한 경우에는 객체 안으로 모든 워터마크가 삽입되나, 워터마크 삽입 후 화질 저하가 발생하고 객체 크기가 110× 110 픽셀개수 이하일 경우 워터마크 검출이 제대로 되지 않았으며, 특히 리사이징과 클리핑 공격에 취약하였다. 그림 9는 제안한 방법과 SA-DCT를 이용한 객체 기반 워터마킹의 결과로서 모두 임계치 레벨( $\delta = 0.19$ )을 넘고 있으나 제안한 방법이 노이즈 공격을 제외하고 [6]보다 좋은 성능을 보이며 일반적인 신호처리에 강함을 나타낸다. 또한 130×130 픽셀 개수를 갖는 객체영상을 사용하여 배경영상의 크기를 증가함에 따른 유사도의 변화를 관찰한 결과 배경영상을 사용하지 않은 경우보다 JPEG의 경우 유사도가 0.39에서 0.48로 23%, 웨이브릿 압축은 10%, 그리고 컬루전은 7% 정도의 유사도 증가를 보였으나, 노이즈, 확대 및 축소, 클리핑의 경우는 유사도의 증가를 보이지 않았다. 그리고 배경화면을 '0'값 대신에 255, 0-255 또는 랜덤(0,1)하게 채워도 결과 값은 큰 차이가 없음을 보였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위해 워터마크로 카오스 시퀀스를[7] 사용한 객체기반의 디지털 워터마킹 방법을 제안한다. 제안한 방법은 하나의 영상으로부터 그 영상을 구성하는 몇 개의 특징이 있는 객체들을 뽑아내어 객체보다 크고, '0'으로 채워진 배경영상으로 옮긴 뒤, 웨이브릿 영역에서 각각의 객체에 각기 다른 워터마크를 삽입함으로써, 불법적인 사용자가 영상에서 일부분만을 잘라내어 사용하더라도 전체 영상과 그 영상을 구성하는 각각의 객체를 따로따로 보호할 수 있다. 실험 결과(그림 9)는 제안한 방법이 일반적인 신호처리에 강하고, 인간시각특성을 고려한 웨이브릿 영역에서 워터마크를 삽입하여 워터마크 삽입 후 영상의 시각적 왜곡을 최소화 하였으며, 영상 전체가 아닌 특징적인 객체에만 워터마크를 삽입하여 불필요하게 워터마크가 삽입되는 것을 줄였다. 또한 크기가 '1'인 웨이브릿 함수를 사용하여 워터마크를 삽입함으로써 워터마크가 객체 밖으로 퍼지는 것을 최소화 하여 워터마크의 손실을 최소화 하고자 하였으며(그림 6, 그림 7), 웨이브릿 변환시 512× 512 크기의 배경영상을 사용하여 큰 주파수 계수를 얻을 수 있어 결과적으로 강인하게 워터마크를 삽입하였다.

### 5. 참고문헌

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamon, "Secure spread spectrum watermarking

for image, audio and video," *ICIP 1996*, Vol. 3, pp. 243-246, Jan. 1996.

- [2] D. Kunder and D. Hatzinako, "Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition," *Proc. Of IEEE ICASS*, vol. 5, pp. 2969-2972, Oct. 1997.
- [3] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Lippi, and A. Piva, "A DCT-domain system for robust image watermarking," *SPIE* vol. 66, pp. 357-372, May. 1998.
- [4] I. Pitas, "A method for signature casting of digital images," *ICIP 1996*, pp. 215-218, 1996.
- [5] K. Ratakonda, R. Dugad, and N. Ahuja, "Digital image watermarking: Issues in resolving rightful ownership," *ICIP 1998*, (Chicago), Oct. 1998.
- [6] G. Y. Kim, J. Lee, C. S. Won, "An object-based video watermarking," *Proc. of IECC*, pp. 100-101, 1999
- [7] 김유신, 김민철, 원치선, 이재진, "카오스 시퀀스를 이용한 웨이브릿-기반 디지털 워터마크," *한국통신학회논문지*, 25권, pp. 99-104, 2000. 1.



그림 3. 원 영상, 512\*512 크기



그림 4. Lena 얼굴

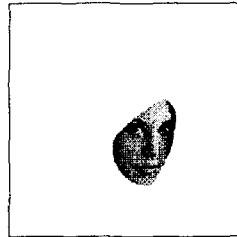


그림 5. '0'으로 채운 배경영상으로 옮겨진 Lena 얼굴

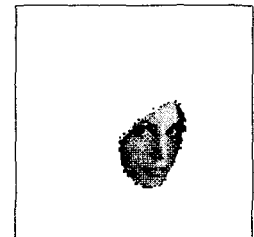


그림 6. 크기가 1인 웨이브릿 함수를 사용 워터마크를 삽입 후 복원한 영상

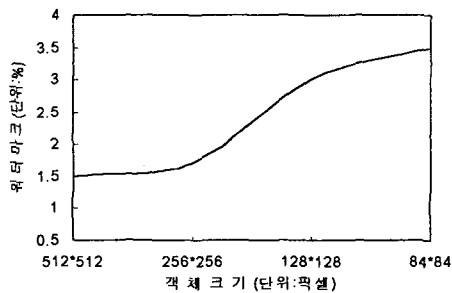


그림 1. 객체의 크기에 따른 워터마크의 비율

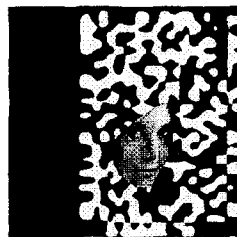


그림 7. 크기가 8인 웨이브릿 함수를 사용 워터마크를 삽입 후 복원한 영상

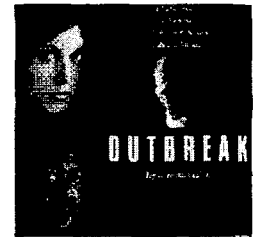


그림 8. 여배우의 얼굴이 Lena의 얼굴로 바뀐 포스터

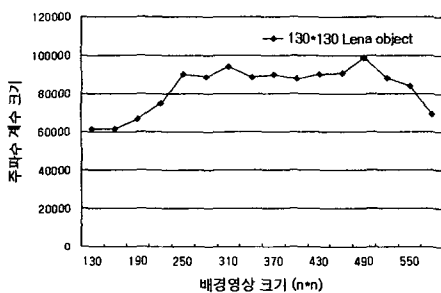


그림 2. 배경영상의 크기에 따라 절대치를 취한 1,000개의 가장 큰 주파수 계수의 합

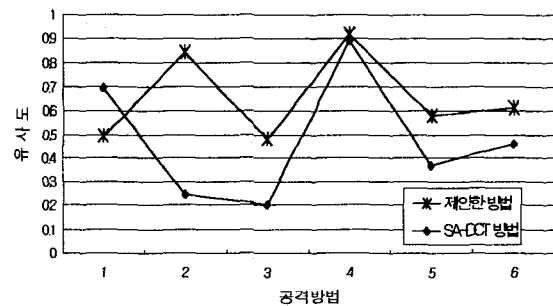


그림 9. 제안한 방법과 SA-DCT와의 성능비교

- 1. Noise , 2. Resizing , 3. Clipping, 4. Collusion,
- 5. JPEG (quality:8), 6. Wavelet 압축 (zero mask:90%)